

令和 4 年 5 月 10 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05597

研究課題名(和文) 繊維構造形成過程のその場観察による繊維物性発現機構の解明

研究課題名(英文) Study on the fiber property revelation by the in-situ observation of structure development

研究代表者

大越 豊 (Ohkoshi, Yutaka)

信州大学・学術研究院繊維学系・教授

研究者番号：40185236

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：強度など繊維の諸物性は配向結晶化によって形成されるフィブリル状構造の影響を強く受ける。本研究では、繊維を瞬間的に伸長した後のフィブリル状構造形成過程を、SPring-8の超高輝度X線を使い、時間分解能100マイクロ秒でその場測定した。この結果、ポリエチレンテレフタレートでは、分子量が小さいとフィブリル構造の母体となるsmectic構造が形成されるのと同時にラメラ状結晶が成長するのに対し、分子量が大きいとsmectic構造の形成が支配的になることがわかった。また得られたみかけ弾性率より、繊維の強度はマイクロフィブリル間を結びつけている約5%の分子鎖の状態で決まることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強度など繊維の諸物性は配向結晶化によって形成されるフィブリル状構造の影響を強く受ける。本研究では、繊維を瞬間的に伸長した後のフィブリル状構造の形成過程を、SPring-8の超高輝度X線を使い、時間分解能100マイクロ秒でその場測定した。この結果、ポリエチレンテレフタレートでは、分子量が小さいとフィブリル構造の母体となるsmectic相が形成されるのと同時にラメラ状結晶が成長するのに対し、分子量が大きいとsmectic相の形成が支配的になるなど、原料や製造条件と繊維物性との定量的な関係を明らかにできた。この成果は繊維の物性設計のみならず、新たな機能発現へのBreak Throughになり得る。

研究成果の概要(英文)：Fiber properties as like tensile strength and thermal shrinkage are strongly affected by the fibrillar structure formed in the fiber by orientation-induced crystallization. Development of the fibrillar structure after instantaneous stretching of fiber was observed in this study with 100 micro-seconds time-resolution in-situ measurement using ultra-high luminant X-ray source of SPring-8. As the results, lamellae crystal was revealed to be developed together with the smectic, which thought to be an embryo of microfibril structure, for the low molecular weight poly(ethylene terephthalate), while the development of the smectic was dominant for the high molecular weight one. The apparent modulus obtained by the d-spacing of smectic revealed that the tensile strength of fiber was decided by only 5% of inter-microfibrillar tie-chain.

研究分野：繊維材料学

キーワード：Fiber Property Structure Development ポリエチレンテレフタレート X-ray diffraction SPring-8 Fiber Strength

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

繊維の諸物性は、繊維材料の1次構造と高次構造で決まる。このうち特に強度や弾性率などの力学物性は高次構造の影響を強く受け、紡糸・延伸に伴う配向結晶化によって顕著に増加することが知られている。例えば図1に示すPET(ポリエチレンテレフタレート)繊維では、複屈折から求めた分子配向度が0.8程度でほぼ飽和するにもかかわらず、引張強度は製造条件によって2倍近く変化する。しかも、その強度は1次構造から推定される理論強度の数%に過ぎない。一般に、これらの原因は高分子鎖の絡み合い構造の複雑性に帰せられ、定性的な説明に終始している。すなわち、物性変化を定量的に表現するのに適した構造モデルとそのパラメータ決定法が確立していないため、繊維・高分子製品の物性を正確に設計できないのが現状である。

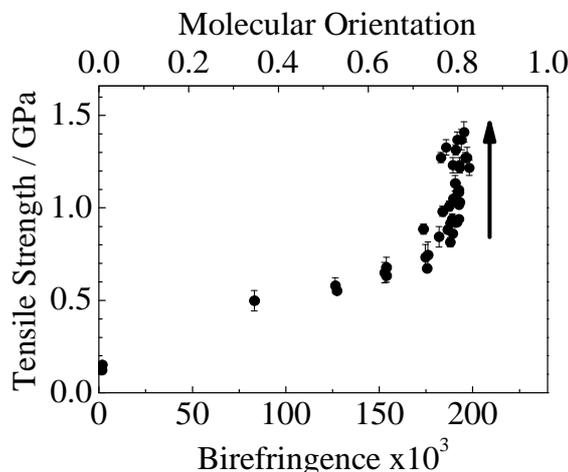


図1 分子配向と繊維の強度

2. 研究の目的

本研究では繊維のレーザー加熱延伸技術と SPring8 の超高輝度 X 線ビームの併用によって繊維構造の形成過程を約 100 マイクロ秒の時間分解能で観測し、この過程のみ明確に観察されるフィブリル状構造と繊維物性との関連性に注目することで、繊維物性を定量的に設計する手法の確立を目指した。これまでの研究により、このフィブリル構造は化学的繰り返し単位とほぼ等しい面間隔を持つ、たいへん鋭いストリーク状の回折群を示すことから、繊維の延伸によって引き揃えられた長さ 100 nm 程度の伸び切り分子鎖束からなることがわかっており、繊維に印可された外力を主に担う構造とみなせる。このため、この構造の解析結果と得られた繊維の物性、特に熱的・力学的物性を比較することにより、これらを定量的に説明できるモデルの構築とそのパラメータ決定方法の提案を目指した。

### 2. 研究の目的

3. 研究の方法

測定装置の概要を図2に示す。供給ローラーから連続的に供給された繊維に炭酸ガスレーザーを照射してネック延伸させる過程で、X線回折像を撮像すると共に、系張力計により延伸張力を測定する。レーザー光の照射によって繊維を急速かつ均一に加熱できるため、延伸点の位置を非接触で0.1 mm程度の区間に固定できる。測定結果は、X線ビームの照射位置と延伸点位置との距離  $D$  の関数として得ら

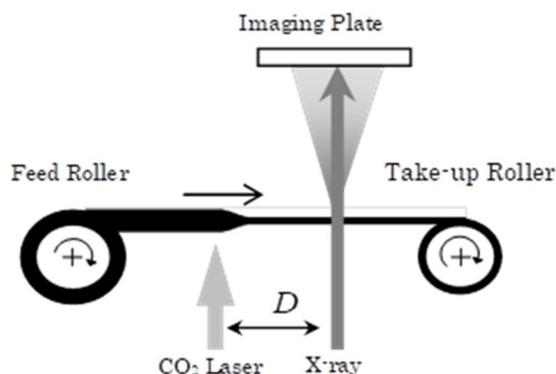


図2 測定原理

れ、 $D$ を糸速度で除すことでネック変形からの経過時間が求まる。この際、 $D$ を精密に測定するため、撮像中の延伸点近傍をビデオ撮影し、画像解析により延伸点位置とその変動量を求める。また延伸後の繊維について、引張試験、DVA 測定、TMA 測定により熱・機械的性質を評価すると共に、複屈折、X 線回折、密度の各測定により繊維構造を解析する。

図 3 に、PET 繊維について測定したネック延伸後の X 線回折像変化の例を示す。延伸直後から 1.27 ms までの像には、いずれも smectic 構造の (001') 面に対応する回折が観察され、その後この回折の消失と並行して結晶回折が現れる。このことは、ネック変形に

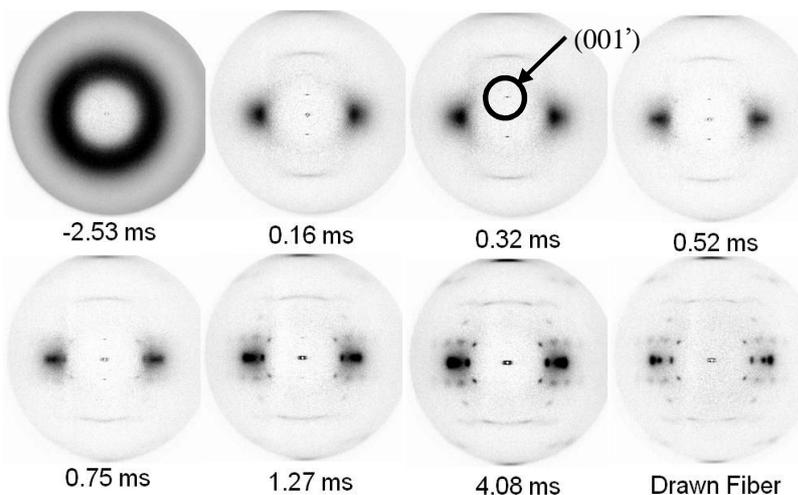


図 3 PET 繊維を延伸後の X 線回折像。数値は延伸からの経過時間。

よって形成された nematic 状の配向分子鎖が、smectic 状の準安定構造を経て、1 ms 程度の時間内に結晶部と非晶部からなるマイクロフィブリルに変化することを意味する。上記の様にこのフィブリル構造は繊維に印可される応力の大部分を支え、得られた繊維の熱的および力学的性質を支配している構造と考えられる。本研究ではこのフィブリル構造が明確に観察できる smectic 構造(001')面回折に注目し、その積分強度からフィブリル構造の量、面間隔から外力によって分子鎖に加えられた歪量、子午線および層線方向への広がりからフィブリル構造の長さとおよび秩序性を定量化した。また結晶回折強度の変化から結晶化の進行についても解析し、これらの構造パラメータと得られた繊維の強度、ヤング率、熱収縮率などの物性を比較することによって、物性を定量的に説明した。

#### 4 . 研究成果

図 4 にネック変形後の時間経過に伴う smectic 構造の(001')面回折強度変化、および結晶の赤道回折、すなわち(010), (-110), (100)の各面回折強度が総強度中に占める割合を示した。原料高分子の IV すなわち分子量が大きいほど、smectic 構造の(001')面回折強度はより強くなり、強度が最大値を示す時間や消失に要する時間も長くなる。赤道方向へのピーク幅も狭くなることから、より太く、安定したフィブリルが形成されることが示唆される。一方でフィブリル構造の最大長に明瞭な差が観察されず、いずれも 80 nm 程度にとどまることは、この長さが分子鎖の絡み合い点間距離を反映しているのかもしれない。一方の結晶化も、分子量が大きいほど始まるのが遅れる。この遅れは smectic 構造の量が最大になる時間の遅れより大きく、例えば IV=1.32 dL/g で smectic 構造の量が最大になる時点ではまだ結晶回折は見られないが、IV=0.55 dL/g の smectic 構造の量が最大になる時点では既に結晶回折が観察される。結晶化誘導時間と Avrami

指数 1 を仮定した結晶化速度式を使って結晶化挙動を Fitting した結果も図示してある。IV=1.32 dL/g では約 0.4 ms の誘導時間が見積もられたが、IV=0.55 dL/g では誘導時間はほとんど無い様に見える。すなわち IV=0.55 dL/g では、smectic 構造の形成と結晶化がネック変形直後から同時に進行するのに対し、IV=1.32 dL/g では形成された smectic 構造の消失に伴って結晶化が進行している。このことは、IV=1.32 dL/g ではフィブリル状の smectic 構造から結晶と非晶からなる長周期構造が形成されるのに対し、IV=0.55 dL/g では smectic 構造を経ずに形成される結晶が多いことを意味する。後者はおそらく折り畳み鎖からなるラメラ状の結晶になっていると考えられ、smectic 相から形成されるマイクロフィブリル構造と一体化して、強固なインターロック構造を形成しやすいと考えることができる。このことは、低分子量 PET から作成された繊維の熱収縮率が小さくなることを良く説明している。一方で、高分子量 PET から作成された繊維では、太くて安定な smectic 構造から太いマイクロフィブリル構造とマイクロフィブリル間を結びつける多くの interfibrillar tie-chain が形成されると考えられる。このネットワーク構造が外力を比較的均等に負担するため、引張強度・ヤング率の大きな繊維が得られやすいことを良く説明している。

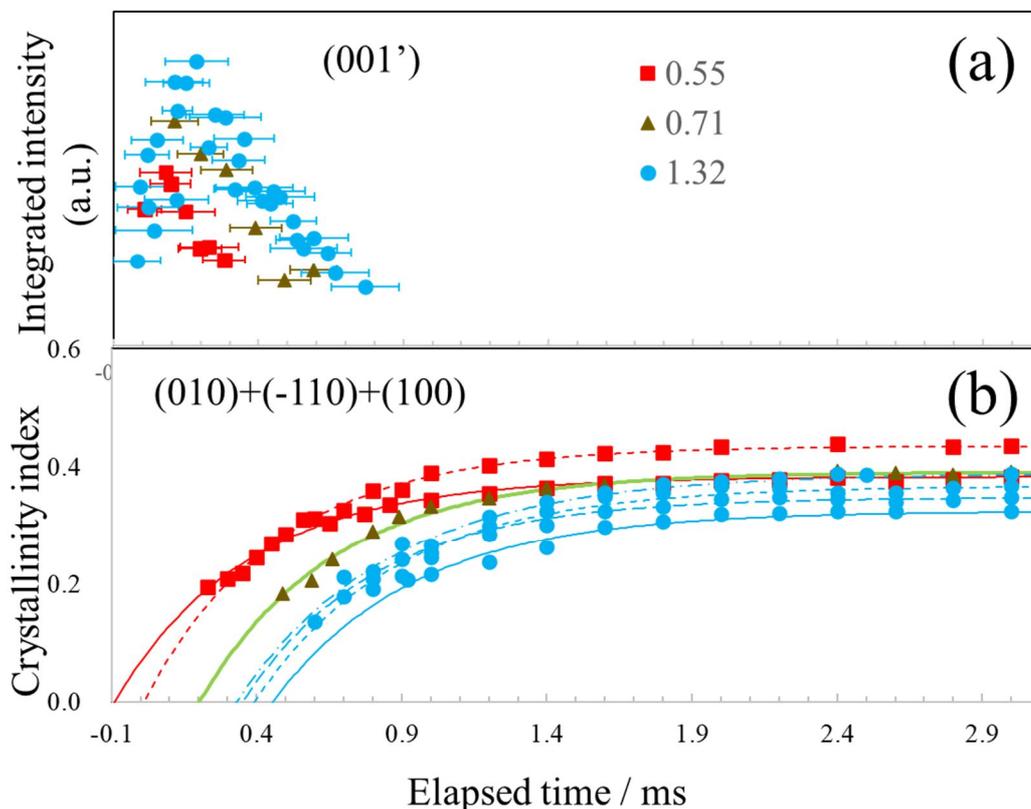


図 4 ネットク変形後の時間経過に伴う (a) smectic 構造の(001')面回折強度と (b) 赤道回折強度の変化。前者は任意単位、後者は総強度中に占める割合。マークは原料高分子の IV ( 0.55 dL/g, 0.71 dL/g, 1.32 dL/g)を表す。

この仮説は、図 5 に示したネック延伸直後の(001')面間隔からも裏付けられる。すなわち smectic 相が安定するネック延伸後約 0.3 ms 後まで、分子量が小さい方が明瞭に大きな面間隔を示すことは、より少ない分子鎖に外力が集中していることを意味し、結果として形成されるフィブリル状構造の間を結びつけている interfibrillar tie-chain の

数も少なくなると推測されるからである。

図 5 の smectic 構造の (001') 面間隔を経過時間 0 に外挿した値は、ネック変形直後に形成され、外力を負担している分子鎖 (Nematic 相) の繰り返し単位長である。したがってこの長さの差は、外力によってこれらの分子鎖に加わった歪の差を意味しており、延伸応力に

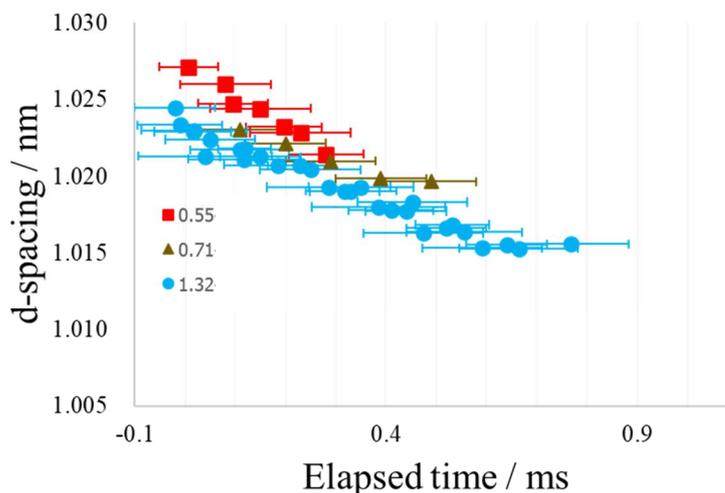


図 5 smectic 相の(001')面間隔。数値は原料 PET の IV(dL/g)、as-spun 繊維の巻取速度(m/min)、延伸倍率。

対してプロットすることで、みかけの弾性率が求められる。図 6 はこうして求めた“みかけ弾性率”に対して、得られた延伸繊維の強度をプロットしたものである。図の右端は PET 結晶の理論弾性率、すなわちすべての分子鎖が均等に外力を負担するとみなせる場合の弾性率を表す。“みかけ弾性率”と延伸繊維の強度は、共に分子量が大きいほど増加している。ただし、この傾向を理論弾性率まで外挿した強度は約 1.6 GPa であり、PET 分子鎖の理論強度の約 5%に過ぎない。このことは、smectic 構造を経てマイクロフィブリル構造を形成する部分を構成する分子鎖数に対し、それらを結びつけて繊維強度を決定している interfibrillar tie-chain が、実質的に約 5%しか機能していないことを意味する。ただしこのことは、マイクロフィブリルを構成する分子鎖のうち相互に結合している (interfibrillar tie-chain を形成している) 分子鎖の割合が 1/20 という意味ではなく、破断に至る過程の各瞬間で、外力を負担して緊張する interfibrillar tie-chain の割合が、最大でもマイクロフィブリルを構成する分子鎖数の 1/20 にしか達しないという意味であり、interfibrillar tie-chain の数のみならず配向分布の影響も受けると考えられる。

本研究の結果、繊維の強度はマイクロフィブリル構造自体ではなく、それらを結びつけている interfibrillar tie-chain の状態、より具体的には外力を負担して同時に緊張する分子鎖数で決定されていることがわかった。今後は、より大きなサイズの構造解析が望まれる。

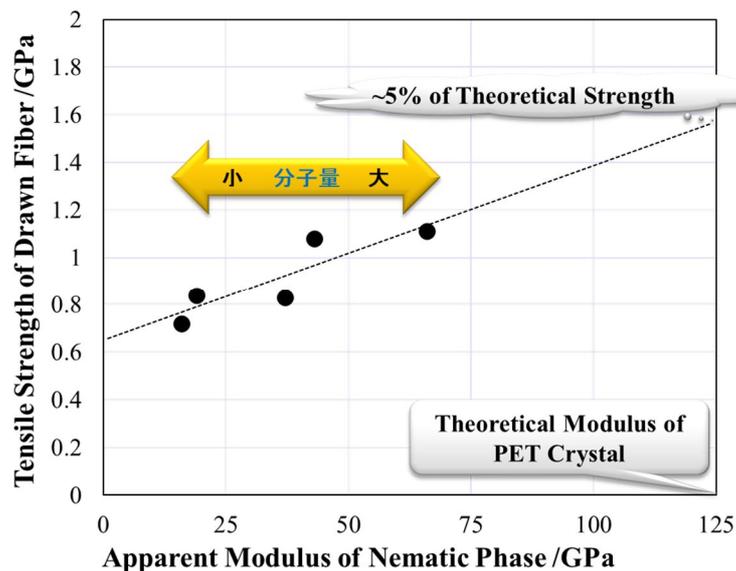


図 6 経過時間 0 に外挿した smectic 相の(001')面間隔と延伸応力から見積ったみかけ弾性率と延伸繊維の強度。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kunimitsu Tatsuma, Warashina Shuji, Ikaga Toshifumi, Kim KyoungHou, Ohkoshi Yutaka, Koike Katsuhiko	4. 巻 77
2. 論文標題 High Strength Metallocene Catalyst-Synthesized Polypropylene Fibers with High Stereoregularity and High Molecular Weight	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 66 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2021-0009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kunimitsu Tatsuma, Ikeda Chisa, Oshima Shuntaro, Ikaga Toshifumi, Kim KyoungHou, Ohkoshi Yutaka, Takata Masayuki, Yamashita Tomoyoshi	4. 巻 76
2. 論文標題 Effects of Draw Ratio and Additive on Knot-Pull Breaking Phenomenon in a Polypropylene Monofilament	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 403 ~ 411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2020-0045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kunimitsu Tatsuma, Toyoda Kai, Ikaga Toshifumi, Kim KyoungHou, Ohkoshi Yutaka, Koike Katsuhiko	4. 巻 202
2. 論文標題 High strength fiber obtained from a high stereoregularity metallocene catalyst-synthesized polypropylene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 122654 ~ 122654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2020.122654	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Koike Naoki, Tomisawa Ren, Ikaga Toshifumi, Kim KyoungHou, Ohkoshi Yutaka, Okada Kazuyuki, Masunaga Hiroyasu, Kanaya Toshiji, Katsuta Hiroo, Funatsu Yoshitsugu	4. 巻 76
2. 論文標題 Effects of Melt-Spinning Speed on Structure Development of Polypropylene Fiber After Necking	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 161 ~ 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2020-0019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 R. Tomisawa, T. Ando, T. Ikaga, K. H. Kim, Y. Ohkoshi, K. Okada, H. Masunaga, T. Kanaya, H. Katsuta, Y. Funatsu	4. 巻 51
2. 論文標題 Ultra-SAXS observation of fibril-sized structure formation after the necking of poly(ethylene terephthalate) and poly(phenylene sulfide) fibers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 211-219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-018-0143-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 大塚由夢, 永田睦也, 一色 択真, 菅原昂亮, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊, 勝田大士, 船津義嗣, 岡田一幸, 加部泰三, 金谷利治
2. 発表標題 Poly(ethylene terephthalate) の分子量が繊維延伸時の中間相形成と結晶化におよぼす効果
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大越豊・岡崎真子・伊香賀 敏文・金 慶孝・岡田 一幸・増永 啓康・勝田 大士・船津 義嗣・金谷 利治
2. 発表標題 Poly(ethylene terephthalate) ネット延伸直後の分子鎖歪と延伸繊維の強度
3. 学会等名 高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大越豊、岡崎真子、伊香賀敏文、金慶孝、岡田一幸、増永啓康、勝田大士、船津義嗣、金谷利治
2. 発表標題 Poly(ethylene terephthalate)の延伸時に形成される smectic相の形態と到達繊維強度
3. 学会等名 繊維学会 年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大島竣太郎, 池田知紗, 國光立真, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊, 高田昌幸, 山下友義
2. 発表標題 ポリプロピレン繊維のタフネスおよび結節強度に対する添加剤の効果
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚由夢, 岡崎真子, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊, 岡田一幸, 増永啓康, 金谷利治, 勝田大士, 森岡英樹, 船津義嗣
2. 発表標題 Poly(ethylene terephthalate)への共重合が繊維延伸時の中間相形成と結晶化におよぼす効果
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川洋平, 外崎響, 尾家大資, 金慶孝, 大越豊
2. 発表標題 X-ray Computed Tomographyで解析したニードルパンチ不織布構造の引張変形に伴う変化
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 望月康太, 大矢康平, 金慶孝, 大越豊, 伊香賀敏文
2. 発表標題 メルトブローン条件が不織布の内部構造および物性に及ぼす影響
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今成滉生、杉田凌子、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 混織メルトブローにより作製した不織布の構造と物性
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上大地、後藤康夫、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 X-ray computed tomography とトレーサー繊維を利用したニードルパンチ不織布の構造解析
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一色択真、山崎秀徳、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 ポリエチレンテレフタレート繊維のレーザー延伸時に形成されるポイド形態の評価
3. 学会等名 繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一色択真、山崎秀徳、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 ポリエチレンテレフタレート繊維のレーザー延伸時に形成されるポイド形態の評価
3. 学会等名 繊維機械学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上大地、後藤康夫、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 トレーサー繊維とX線CTを用いたニードルパンチ不織布の構造解析
3. 学会等名 繊維機械学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田凌子、今成滉生、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 PP/PET混織メルトブローより作製した不織布の構造と物性評価
3. 学会等名 繊維機械学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田一幸、中田克、平野孝行、園田和衛、高橋健太、東大路卓司、金慶孝、大越豊、金谷利治
2. 発表標題 一軸延伸したPETフィルムの加熱時の構造変化
3. 学会等名 高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上大地、後藤康夫、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 X-ray computed tomography とトレーサー繊維を利用したニードルパンチ不織布の構造解析
3. 学会等名 繊維系研究機関ミニ国際シンポジウム 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一色拓真, 山崎秀徳, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊
2. 発表標題 ポリエチレンテレフタレート繊維のレーザー延伸時に形成されるポイド形態の評価
3. 学会等名 繊維系研究機関ミニ国際シンポジウム 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金田素乃子, 長谷川洋平, 金慶孝, 大越豊
2. 発表標題 ニードルパンチ不織布の圧縮変形による内部構造の変化に関するX線CT解析
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 外崎響, 金慶孝, 大越豊
2. 発表標題 針形状がニードルパンチ不織布の内部構造におよぼす影響
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藁科修治, 一色拓真, 伊香賀敏文, 金慶孝, 大越豊, 勝田大士, 船津義嗣, 岡田一幸, 金谷利治, 増永啓康
2. 発表標題 Fibril構造の分子量依存性に関する取り組み
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池 佳瑞美、金 昷屋、宇佐美 久尚、金 慶孝、大越 豊
2. 発表標題 リン酸ジルコニウムを介して光触媒を担持した絹布のKES物性評価
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田凌子、今成滉生、石川剛臣、菅原昂亮、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 polypropylene/poly(ethylene terephthalate)混織メルトブローン不織布の混織比が布構造と圧縮特性に及ぼす影響
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎真子、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊、岡田一幸、増永啓康、勝田大士、船津義嗣、金谷利治
2. 発表標題 ポリエチレンテレフタレートが分子量が繊維構造形成におよぼす効果
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野上花歩子、長田真由子、Nabila FEBRIANI、菅原昂亮、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊
2. 発表標題 セルロースナノファイバーを添加したポリプロピレン繊維の構造および物性の解析
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 望月駿佑、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊、岡田一幸、増永啓康、金谷利治、船津義嗣、勝田大士
2. 発表標題 低立体規則性成分の添加がPolypropyleneの繊維構造形成におよぼす効果
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田知紗、大島竣太郎、國光立真、伊香賀敏文、金慶孝、大越豊、高田昌幸、山下友義
2. 発表標題 添加剤がポリプロピレン繊維のタフネスと結節強度におよぼす効果
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuma Kunimitsu, Chisa Ikeda, Shuntaro Oshima, Toshifumi Ikaga, KyoungHou Kim, Yutaka Ohkoshi, Masayuki Takata, Tomoyoshi Yamashita
2. 発表標題 Effects of additives on the tensile and knot-pull strength of polypropylene fibers
3. 学会等名 15th Asian Textile Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yohei HASEGAWA, Hibiki TONOSAKI, Kyoung Hou KIM, Yutaka OHKOSHI
2. 発表標題 Structure change of needle punched non-woven fabrics applied tensile deformation analyzed by the X-ray CT
3. 学会等名 15th Asian Textile Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koki IMANARI, Ryoko SUGITA, KyoungHou KIM, Yutaka OHKOSHI
2. 発表標題 Physical properties of non-woven fabrics prepared by PP/PET mixed melt blowing
3. 学会等名 15th Asian Textile Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------